

(10) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-27249  
(P2002-27249A)

(43) 公開日 平成14年1月25日 (2002.1.25)

(51) Int. Cl.	識別番号	F I	キーワード (参考)
H04N 1/405		G06T 5/00	200A 5B057
G06T 5/00	200	H04N 1/40	B 5C077

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2000-212484(P2000-212484)

(22) 出願日 平成12年7月13日 (2000.7.13)

(71) 出願人 000002897

大日本印刷株式会社

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

(72) 発明者 阿部 淑人

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

(74) 代理人 100111659

弁護士 金山 聡

Fターム (参考) 5B057 BA28 CA01 CA08 CB01 CB07

CC02 CE13 CH07 CH08 CH11

5C077 LL18 MP01 MP08 NN01 PP43

PP46 PP68 PQ08 PQ20 RR02

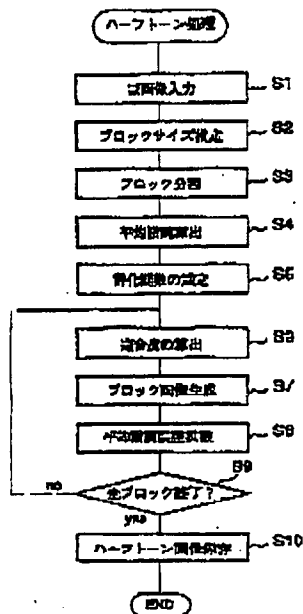
RR08 TT08

(54) [発明の名称] ハーフトーン処理装置およびその処理手順を記録した媒体

(57) [要約]

【課題】再現性の高い、高品質のハーフトーン画像を得ることができ、しかもその処理を短時間に済ませることができるハーフトーン処理装置およびその処理手順を記録した媒体を提供する。

【解決手段】入力画像を所定サイズの画素からなるブロックに分割するブロック分割手段と、分割されたブロックの画素をベクトルとし、これを変換候補となるコードワードと比較し適合度を算出する適合度算出手段と、適合度が最大のコードワードに基づいてブロックに画像を生成する画像生成手段と、ブロックの平均階調誤差を以降に処理するブロックの近傍ブロックへ誤差拡散する誤差拡散手段とからなるハーフトーン処理装置およびその処理手順を記録した媒体。



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】  $L$ ,  $M$ ,  $N$  を正の整数として、 $M$  ビット表現の画素値を有する画像から、 $M > N$  である  $N$  ビット表現の画素値を有する画像を導出するハーフトーン処理装置であって、ブロック分割手段と、適合度算出手段と、画像生成手段と、誤差拡散手段とを有し、前記ブロック分割手段は、入力画像を所定サイズ  $L$  の画素からなるブロックに分割し、前記適合度算出手段は、前記分割されたブロックの画素を  $L$  次元  $M$  ビットのベクトルとし、これを変換候補となる  $L$  次元  $N$  ビットのコードワードと比較し適合度を算出し、

前記画像生成手段は適合度が最大のコードワードに基づいて前記ブロックに  $L$  次元  $N$  ビットの画像を生成し、前記誤差拡散手段は、前記ブロックの平均階調誤差を以降に処理する前記ブロックの近傍ブロックへ誤差拡散する、

ことを特徴とするハーフトーン処理装置。

【請求項2】 請求項1記載のハーフトーン処理装置において、前記誤差拡散手段が行なう前記誤差拡散は、平均階調誤差を算出する過程でその誤差を相殺することで実行することを特徴とするハーフトーン処理装置。

【請求項3】 請求項1または2記載のハーフトーン処理装置において、 $J$ ,  $K$  を正の整数として、前記ブロック分割手段は、入力画像を所定サイズである  $J \times K = L$  の画素からなる矩形のブロックに分割することを特徴とするハーフトーン処理装置。

【請求項4】 請求項1〜3のいずれかに記載のハーフトーン処理装置において、前記ブロック分割手段は、入力画像を所定サイズ  $L$  の画素からなる、六角形または三角形、あるいはそれらを組み合わせたタイルング (tiling) 形のブロックに分割することを特徴とするハーフトーン処理装置。

【請求項5】 請求項1〜4のいずれかに4記載のハーフトーン処理装置において、適合度を算出するための最適化パラメータを設定する最適化パラメータ設定手段を有することを特徴とするハーフトーン処理装置。

【請求項6】 請求項1〜5のいずれかに記載のハーフトーン処理装置において、あらかじめ生成した  $L$  次元  $N$  ビットのコードワードが記載されたコードブックを記憶するコードブック記憶手段を有することを特徴とするハーフトーン処理装置。

【請求項7】 請求項1〜5のいずれかに記載のハーフトーン処理装置において、 $L$  次元  $N$  ビットのコードワードを逐次生成するコードワード逐次生成手段を有することを特徴とするハーフトーン処理装置。

【請求項8】 請求項1〜7のいずれかに記載のハーフトーン処理装置において、前記  $L$  次元  $N$  ビットのコードワードは、その総数を  $2^L$  ( $2$  の  $L$  乗) 未満とすることを特徴とするハーフトーン処理装置。

【請求項9】 請求項1〜8のいずれかに記載のハーフトーン処理装置において、そのハーフトーン処理装置は複数の処理部を具備し、前記ブロック分割手段が分割したブロックを前記複数の処理部の各々に割り当て、前記複数の処理部によって並列分散処理することを特徴とするハーフトーン処理装置。

【請求項10】 請求項9記載のハーフトーン処理装置において、前記適合度算出手段が行なう前記適合度の算出を前記複数の処理部によって並列分散処理することを特徴とするハーフトーン処理装置。

【請求項11】 請求項1〜10のいずれかに記載のハーフトーン処理装置において、前記適合度算出手段による適合度の算出は、前記コードワードを全探索するのではなく、適合度が最大のコードワードを最適化手法により探索することを特徴とするハーフトーン処理装置。

【請求項12】 請求項1〜11のいずれかに記載のハーフトーン処理装置において、 $P$  を2以上の整数として前記画像は  $P$  色画像であって、前記ブロックの画素を  $(L \times P)$  次元  $M$  ビットのベクトルとして処理することを特徴とするハーフトーン処理装置。

【請求項13】 請求項1〜11のいずれかに記載のハーフトーン処理装置において、前記画像は多色画像であって、その多色画像の各色画像ごとに前記処理を行なうことを特徴とするハーフトーン処理装置。

【請求項14】 請求項13記載のハーフトーン処理装置において、前記各色画像ごとの処理を前記複数の処理部によって前記各色画像ごとに並列分散処理することを特徴とするハーフトーン処理装置。

【請求項15】  $L$ ,  $M$ ,  $N$  を正の整数として、 $M$  ビット表現の画素値を有する画像から、 $M > N$  である  $N$  ビット表現の画素値を有する画像を導出するハーフトーン処理手段が記録された媒体であって、前記ハーフトーン処理手段は、ブロック分割過程と、適合度算出過程と、画像生成過程、誤差拡散処理過程とを有し、

前記ブロック分割過程において、入力画像を所定サイズ  $L$  の画素からなるブロックに分割し、

前記適合度算出過程において、前記分割されたブロックの画素を  $L$  次元  $M$  ビットのベクトルとし、これを変換候補となる  $L$  次元  $N$  ビットのコードワードと比較し適合度を算出し、

前記画像再生過程において、適合度が最大のコードワードに基づいて前記ブロックに  $L$  次元  $N$  ビットの画像を生成し、

前記誤差拡散過程において、前記ブロックの平均階調誤差を以降に処理する前記ブロックの近傍ブロックへ誤差拡散する、

ことを特徴とするハーフトーン処理手段が記録された媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

BEST AVAILABLE COPY

【発明の属する技術分野】本発明は、コンピュータにより画像データ処理する技術分野に属する。特に、濃淡画像からハーフトーン画像（擬似濃淡画像）を生成するハーフトーン処理に関する。

【0002】

【従来技術】ハーフトーン処理は、原理的に表現可能な階調数に制限を有する再現システムにおいて、その制限を越えて本来の濃淡画像（フルトーン画像）により近い表現ができるようにする処理である。たとえば、オフセット印刷においては、原理的にインキが印刷用紙に着肉する網点の部分と着肉しない用紙そのものの部分との2つの部分だけで画像を再現する。カラー印刷の場合には、CMYK (cyan, magenta, yellow, black) の4色の網点と、その網点の刷り重ねの組み合わせにより、16色だけで画像を再現する。

【0003】周知のように、オフセット印刷においては、このような制限を越えるため網点%を変化させることが行なわれる。網点%は印刷面において網点が占める面積の比率である。この網点は微細であるため、その微細構造が見えない程度の遠目（およそ20 cm以上）で見ると、視覚の特性により中間色として認識され、擬似的にフルカラーフルトーン画像が再現される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】オフセット印刷においてこの網点を生成する処理には、従来は、コンタクト・スクリーンが用いられる。すなわち、コンタクト・スクリーンと原画像のフィルムを重ねて感光フィルムに感光露光し現像することにより網点画像のフィルムを得ている。コンタクト・スクリーンは周期的画像であるから、この網点画像における網点も周期的に配列する（図7(A)参照）。

【0005】この周期的な網点をカラー印刷において刷り重ねるとモアレを発生する原因となる。これを回避する必要性から、実際は各色においてスクリーン角度を変化させている。しかし、モアレの発生を回避できても、視覚上の障害であり印刷品質を低下させる亀甲模様（ロゼッタ・パターン）等が残存し、その発生を同時に回避することができない（図6参照）。

【0006】この亀甲模様の発生は、網点が周期的であることとともに、網点を構成する微細なドットがその周期的部位に集中していることに原因があると認識されている。そこで、網点を分散型にしたり非周期的にすることが提案されている。これは、近年になってコンピュータ処理により任意のドットを生成することが可能となったためである。

【0007】その処理の基本は、原画像と所定サイズの閾値行列（ディザマトリックス）との比較演算である。この方法として、固定マスク法、組織的ディザ法、ランダムディザ法、等が知られているが、全体画像においては閾値行列が規則的に配列されることから周期性を排除

できないという問題を有する（図7(B)参照）。

【0008】この周期性の認識を低下させるために、①ブロックサイズ的大型化、②異なる閾値行列の適用、③原画像に対するディザ値、乱数、ブルーノイズの加算処理、等の適用が提案されているが、やはり周期性が認識される（図8(D)参照）。

【0009】閾値行列との比較演算に基づかない方法としては、平均誤差最小法、誤差拡散（ED）法、等が知られている。周期性が無いという利点とともに、量子化雑音の低減を主眼とするため平均階調の保存性や細部の再現性に優れている。しかし、粒状感の残存、階調特性の変化、独特のワーム状のテクスチャを発生するという問題がある（図8(C)参照）。また、演算量の増加によりデータ処理の負荷が大きく相応の処理時間を必要とするという問題がある。

【0010】本発明は上記の問題を解決するためになされたものである。その目的は、再現性の高い、高品質のハーフトーン画像を得ることができ、しかもその処理を短時間に済ますことができるハーフトーン処理装置およびその処理手順を記録した媒体を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題は下記の本発明によって解決される。すなわち、本発明の請求項1に係るハーフトーン処理装置は、L、M、Nを正の整数として、Mビット表現の画素値を有する画像から、M>NであるNビット表現の画素値を有する画像を導出するハーフトーン処理装置であって、ブロック分割手段と、適合度算出手段と、画像生成手段と、誤差拡散手段とを有し、前記ブロック分割手段は、入力画像を所定サイズLの画素からなるブロックに分割し、前記適合度算出手段は、前記分割されたブロックの画素をL次元Mビットのベクトルとし、これを変換候補となるL次元Nビットのコードワードと比較し適合度を算出し、前記画像生成手段は適合度が最大のコードワードに基づいて前記ブロックにL次元Nビットの画像を生成し、前記誤差拡散手段は前記ブロックの平均階調誤差を以降に処理する前記ブロックの近傍ブロックへ誤差拡散するようにしたものである。

【0012】本発明によれば、ブロック分割手段により入力画像が所定サイズLの画素からなるブロックに分割され、適合度算出手段によりそのブロックの画素がL次元Mビットのベクトルとされ、これを変換候補となるL次元Nビットのコードワードと比較し適合度が算出され、画像生成手段により適合度が最大のコードワードに基づいてそのブロックにL次元Nビットの画像が生成され、誤差拡散手段によりそのブロックの平均階調誤差を以降に処理するそのブロックの近傍ブロックへ誤差拡散する。すなわち、ブロックに生成される画像は適合度が最大のコードワードに基づくものであるからハーフトーン画像の全体において最適化された画像を得ることがで

きる。また、誤差拡散が行なわれるからその画像は階調再現性が優れている。したがって、再現性の高い、高品質のハーフトーン画像が得られるハーフトーン処理装置が提供される。

【0013】また本発明の請求項2に係るハーフトーン処理装置は、請求項1に係るハーフトーン処理装置において、前記誤差拡散手段が行なう前記誤差拡散は、前記ブロックの平均階調誤差を算出する過程でその誤差を相殺することで行なうようにしたものである。本発明によれば、平均階調誤差を算出する過程でその誤差が相殺されるから、誤差拡散における処理の負荷が極めて小さい。

【0014】また本発明の請求項3に係るハーフトーン処理装置は、請求項1または2に係るハーフトーン処理装置において、J、Kを正の整数として、前記ブロック分割手段は、入力画像を所定サイズである $J \times K = L$ の画素からなる矩形のブロックに分割するようにしたものである。本発明によれば、矩形のブロックにより処理が行なわれ基本的で最も簡明な処理あるとともに、水平線、垂直線の再現性が優れる。

【0015】また本発明の請求項4に係るハーフトーン処理装置は、請求項1～3のいずれかに係るハーフトーン処理装置において、前記ブロック分割手段は、入力画像を所定サイズLの画素からなる、六角形または三角形、あるいはそれらを組み合わせたタイリング (tiling) 形のブロックに分割するようにしたものである。本発明によれば、周期性の認識が緩和され方向による再現性が均等化される。

【0016】また本発明の請求項5に係るハーフトーン処理装置は、請求項1～4のいずれかに係るハーフトーン処理装置において、適合度を算出するための最適化パラメータを設定する最適化パラメータ設定手段を有するようにしたものである。本発明によれば、最適化パラメータを設定することにより適合度の算出が適正化されるから、より再現性の高い、より高品質のハーフトーン画像が得られる。

【0017】また本発明の請求項6に係るハーフトーン処理装置は、請求項1～5のいずれかに係るハーフトーン処理装置において、あらかじめ生成したL次元Nビットのコードワードが記載されたコードブックを記憶するコードブック記憶手段を有するようにしたものである。本発明によれば、コードワードはあらかじめ生成されたコードブックのものが適用される。したがって、ハーフトーン処理においてはコードワード演算の時間だけ処理時間が短縮される。また、コードワードの数についてあらかじめ適正な減縮を行なうことができるから、さらに処理時間が短縮される。

【0018】また本発明の請求項7に係るハーフトーン処理装置は、請求項1～5のいずれかに係るハーフトーン処理装置において、L次元Nビットのコードワードを

逐次生成するコードワード逐次生成手段を有するようにしたものである。本発明によれば、ハーフトーン処理の状態に適合したコードワードの生成を行なうことができ、不必要なコードワードに係る処理が省略される。

【0019】また本発明の請求項8に係るハーフトーン処理装置は、請求項1～7のいずれかに係るハーフトーン処理装置において、前記L次元Nビットのコードワードは、その総数を $2^L$  (2のL乗) 未満とするようにしたものである。本発明によれば、ハーフトーン処理が高速化される。

【0020】また本発明の請求項9に係るハーフトーン処理装置は、請求項1～8のいずれかに係るハーフトーン処理装置において、そのハーフトーン処理装置は複数の処理部を具備し、前記ブロック分割手段が分割したブロックを前記複数の処理部の各々に割り当て、前記複数の処理部によって並列分散処理するようにしたものである。本発明によれば、ハーフトーン処理が高速化される。

【0021】また本発明の請求項10に係るハーフトーン処理装置は、請求項9に係るハーフトーン処理装置において、前記適合度算出手段が行なう前記適合度の算出を前記複数の処理部によって並列分散処理するようにしたものである。本発明によれば、ハーフトーン処理が高速化される。

【0022】また本発明の請求項11に係るハーフトーン処理装置は、請求項1～10のいずれかに係るハーフトーン処理装置において、前記適合度算出手段による適合度の算出は、前記コードワードを全探索するのではなく、適合度が最大のコードワードを最適化手法により探索するようにしたものである。本発明によれば、ハーフトーン処理が著しく高速化される。

【0023】また本発明の請求項12に係るハーフトーン処理装置は、請求項1～11のいずれかに係るハーフトーン処理装置において、Pを2以上の整数として前記画像はP色画像であって、前記ブロックの画素を $(L \times P)$ 次元Mビットのベクトルとして処理するようにしたものである。本発明によれば、多色画像を対象とするハーフトーン処理が行なわれる。

【0024】また本発明の請求項13に係るハーフトーン処理装置は、請求項1～11のいずれかに係るハーフトーン処理装置において、前記画像は多色画像であって、その多色画像の各色画像ごとに前記処理を行なうようにしたものである。本発明によれば、多色画像を対象とするハーフトーン処理が高速化される。

【0025】また本発明の請求項14に係るハーフトーン処理装置は、請求項13に係るハーフトーン処理装置において、前記各色画像ごとの処理を前記複数の処理部によって前記各色画像ごとに並列分散処理するようにしたものである。本発明によれば、多色画像を対象とするハーフトーン処理が著しく高速化される。

BEST AVAILABLE COPY

【0026】また本発明の請求項15に係るハーフトーン処理手順が記録された媒体は、 $L$ 、 $M$ 、 $N$ を正の整数として、 $M$ ビット表現の画素値を有する画像から、 $M > N$ である $N$ ビット表現の画素値を有する画像を選出するハーフトーン処理手順が記録された媒体であって、前記ハーフトーン処理手順は、ブロック分割過程と、適合度算出過程と、画像生成過程とを有し、前記ブロック分割過程において、入力画像を所定サイズ $L$ の画素からなるブロックに分割し、前記適合度算出過程において、前記分割されたブロックの画素を $L$ 次元 $M$ ビットのベクトルとし、これを交換候補となる $L$ 次元 $N$ ビットのコードワードと比較し適合度を算出し、前記画像再生過程において、適合度が最大のコードワードに基づいて前記ブロックに $L$ 次元 $N$ ビットの画像を生成され、前記誤差拡散過程において、前記ブロックの平均階調誤差を以降に処理する前記ブロックの近傍ブロックへ誤差拡散するようにしたものである。

【0027】本発明によれば、ブロック分割過程において入力画像が所定サイズ $L$ の画素からなるブロックに分割され、適合度算出過程においてそのブロックの画素が $L$ 次元 $M$ ビットのベクトルとされ、これを交換候補となる $L$ 次元 $N$ ビットのコードワードと比較し適合度が算出され、画像生成手段において適合度が最大のコードワードに基づいてそのブロックに $L$ 次元 $N$ ビットの画像が生成される。すなわち、ブロックに生成される画像は適合度が最大のコードワードに基づくものであるからハーフトーン画像の全体において最適化された画像を得ることができる。また、誤差拡散が行なわれるからその画像は階調再現性が優れている。したがって、再現性の高い、高品質のハーフトーン画像が得られるハーフトーン処理の処理手順を記録した媒体が提供される。

【0028】

【発明の実施の形態】次に、本発明について実施の形態を説明する。本発明は、単純な誤差拡散を基本技術とするものである。さらに、本発明は、ベクトル量子化、最適化、等の基本技術に対して誤差拡散を加え拡張したものである。したがって、階調処理、等を基本技術とする従来の方法とは本質的に異なっている。

【0029】まず、誤差拡散技術について簡単に説明しておく。たとえば、ブロックサイズが4画素×4画素で2値化によるハーフトーン画像を得るとする。この場合は、単純には、平均階調は $1+16=17$ 段階で表現することになる。標準的な8～12ビット階調のフルトーンの原画像をハーフトーン画像化する方法としては、階調表現能力が不足する。誤差拡散技術により、この階調表現能力が不足を補足することができる。

【0030】誤差拡散処理について説明図を図3に示す。原画像を8ビット階調とすると、その画素値は0～255の値を有する。ハーフトーン画像を1ビット階調とすると、その画素値は0か255（0か1としてもよ

い）の値を有する。図3において、量子化器の入口に入力した画素値は量子化器において0か255に変換されて量子化器の出口に出力される。たとえば、127以下を0とし128以上を255とする変換が行なわれる。変換された画素値は量子化器の出口からさらに出力側に出力される。この変換された画素値がハーフトーン画像の画素値である。

【0031】この量子化器における量子化により、0～255の値が0か255の値に丸められるのであるから、もとの値と量子化後の値との間には誤差（量子化誤差）を生じることになる。図3に示すように、量子化器の入口に入力した画素値は、量子化器の出口に出力された画素値（変換された画素値）によって減算される。すなわち、量子化誤差が演算される。この量子化誤差はフィルターの入口に入力される。

【0032】フィルターは誤差をどのように拡散するかを決定する役割を果たす。最も単純な拡散方法は、単純遅延を行なって、次の画素に加算する方法である。その他としては、原画像の走査は、多くは左上の画素から右下の画素へと行なわれるラスタ走査であるから、その場合に量子化誤差を演算した画素における右方向および下方向の複数の画素に配分する方法もある。

【0033】図3において、入力側から原画像を走査して画素値を順次入力する。その画素値に量子化誤差が加算される。その量子化誤差が加算された画素値を量子化器が入力し量子化する。その量子化された画素値は量子化器の出口に出力される。この変換された画素値がハーフトーン画像の画素値である。この一連の過程により、誤差拡散が行なわれる。この結果、比較的細部の再現性と、平均階調の再現性に優れるハーフトーン画像を得ることができる。

【0034】上述においては、1つの数値で表現される1つの画素ごとに量子化するスカラー量子化における誤差拡散を説明した。ベクトル量子化における誤差拡散も基本的に同様である。画像のベクトル量子化の過程において誤差拡散を適用することについての説明は後述するものとして、ここで、ベクトル量子化について簡単に説明しておく。一般の量子化、すなわちスカラー量子化は連続あるいは不連続なスカラー値（一次元の値）を、離散的なスカラー値（量子化代表値）に丸めるものである。たとえば、小数点以下を四捨五入して整数値を得る操作はスカラー量子化である。この離散的なスカラー値は等間隔である必要性はなく、整数値である必要性もない。

【0035】一方、ベクトル量子化はベクトル値（多次元の値）に発着させたものである。ベクトル量子化は、ベクトルによって張られる空間を、量子化代表値を母点とするボロノイ多角形（多次元の多角形）に分割し、その多角形に含まれるベクトル値はすべてその多角形の母点である量子化代表値に丸めるものである。

【0036】スカラー値における四捨五入の例と、最も簡単な2次元のベクトル値における量子化の例を図4に示す。図4(A)はスカラー値の場合を示し、図4

(B)は、ベクトル値の場合を示す。図4において、黒点(黒丸)はボロノイ多角形の母点、すなわち量子化代表値を表している。量子化は、各境界線で囲まれた領域内のスカラー値またはベクトル値をその黒点で表される量子化代表値に丸める処理である。

【0037】図4において、各境界線は隣接する黒点を結ぶ線分の垂直二等分線であり等距離点の集合である。図4と同等の境界線は、如何なる次元のユークリッド空間であっても存在する。量子化代表値がベクトルのときには、量子化代表値を量子化代表値ベクトルとも呼ぶ。多数ある量子化代表値ベクトルの内で、特定のベクトル値が丸められる量子化代表値ベクトルは、図4からも明らかのように、そのベクトル値の最近傍の量子化代表値ベクトルである。

【0038】すなわち、特定のベクトル値は、ユークリッド距離が最小となる量子化代表値ベクトルに丸められる。数値的には、2つのベクトルにおける対応する要素の差の2乗和が最小となるように量子化代表値ベクトルが選択される。ここでは、量子化代表値ベクトルをコードワード、その集合をコードブックと呼ぶ。

【0039】なお、本発明において、原画像が256値(8ビット)の階調を有する画像で、得ようとするハーフトーン画像が2値(1ビット)の画像であるとする。このとき、ベクトルが2次元(2要素単位)であれば、量子化代表値ベクトルは(0, 0)、(0, 255)、(255, 0)、(255, 255)の4とおりとなる。ベクトルが4次元(4要素単位)であれば、16とおりとなる。ベクトルが4次元の場合の量子化代表値ベクトルを図5に示す。図5において、白矩形を“0”、黒矩形を“255”とすると、左上より順番に平均階調は、0, 64, 64, 128, 64, 128, 128, 191, 64, 128, 128, 191, 128, 191, 191, 255(四捨五入)であり、それぞれの階調は、階調の順番に1, 4, 6, 4, 1とおりづつである(2項係数になる)。

【0040】次に、本発明におけるハーフトーン処理について、一例を挙げて処理過程を説明する。M=8ビット(256)階調表現の画素値を有する画像(原画像)から、N=1ビット(2)階調表現の画素値を有する画像(ハーフトーン画像)を導出するハーフトーン処理について説明する。当然のことであるが、これから説明する処理における具体的な数値は、一例を示すものであり、本発明の具体的な実施においては、個々の場合に適合するように説明とは異なる数値を選択することができる。画像は多色画像であってもよいし、画像のサイズやブロックのサイズ、原画像の階調数、ハーフトーン画像の階調数が異なってもよい。

【0041】本発明のハーフトーン処理装置における処理過程の一例を図1に示す。まず、図1のステップS1において、原画像をハーフトーン処理装置の記憶部に入力する。原画像は $1024 \times 1024 = 1048576$ 画素の濃淡画像であるものとする。次に、ステップS2において、所定のブロックのサイズを指定する。一例として4画素 $\times$ 4画素のブロックのサイズを指定する。

【0042】次に、ステップS3において、原画像を4画素 $\times$ 4画素のブロックに分割する。すなわちJ=K=4、L=4 $\times$ 4=16である。原画像が $1024 \times 1024$ 画素の濃淡画像であるから、 $256 \times 256 = 65536$ のブロックに分割される。このブロックは16次元ベクトルとして表現することができる。その65536個の16次元ベクトルに対してこれから処理を行なう。原画像からブロックへの分割、および16次元ベクトルの関係の説明図を図2に示す。図2(A)は原画像であり、図2(B)はブロックである。

【0043】なお、上述における16次元ベクトルの要素(画素値)の並び順は簡単のため平方ブロックの左上から右下にラスタースキャンすることとし、ベクトル(ブロック)の処理順も画像の左上から右下にラスタースキャンすることとする。

【0044】次に、ステップS4において、各ベクトルごとにその要素の算術平均を求める。すなわち、各ベクトルの平均階調を求める。算術平均は、一般的には、非整数となるが、簡単のため整数値に丸めることができる。その場合は、各ベクトルの平均階調における階調数は、原画像のM=8ビット(256)階調表現と一致する。勿論、処理時間は長くなるが丸めずに処理することもできる。

【0045】次に、ステップS5において、適合度を判定するための評価関数を設定する。前述したベクトル量子化では、ユークリッド距離を最小とするコードワード(量子化代表値ベクトル)が最も適合していると判定され、そのコードワードを選択することになる。ここでは、ハーフトーン画像を導出することを目的としているため、ステップS4において得た平均階調という因子を考慮に入れる。

【0046】たとえば、評価関数を下記の数1のように設定する。

【数1】

$$F(G_i, H_o) = \alpha \times |\Delta D| + \beta \times \Delta Q / L$$

ただし、

$F(G_i, H_o)$  ; 評価関数

$G_i$  ; 原画像のベクトル(原画像のブロック)

$H_o$  ; コードワード

$\alpha, \beta$  ; 係数 ( $\alpha + \beta = 1, 0 \leq \alpha, \beta \leq 1$ )

$|\Delta D|$  ; 平均階調の誤差 ( $|x|$  は  $x$  の絶対値を表す)

$\Delta Q$  ; ベクトル量子化の誤差

L ; 次元数 (16)

【0047】次に、ステップS6において、適合度を算出する。適合度は数1に示す評価関数によって与えられる。数1に示す評価関数においては、評価関数の値が小さいほど適合度が高いことになる。したがって、適合度を算出するということは、評価関数が最小とするようなHjをGiごとに探索するということである。順次、コードワードを発生させ (2の16乗とおり)、数1に示す評価関数Fを最小化するものを全探索する。

【0048】ここで、添え字oは $0 \leq o < 2^{16}$  (2の16乗) なる数である。すなわち、コードワードの総数である。また、添え字1は $0 \leq 1 < 65536$  なる数である。すなわち、原画像における16次元のベクトル (ブロック) の順序数である。また、添え字jは $0 \leq j < 16=L$  なる数である。すなわち、ベクトルの各要素の順序を表す数である。

【0049】次に、ステップS7において、適合度が最大のコードワードに基づいて対応するブロックにL次元Nビットの画像を生成する。このようにして原画像における特定の16次元のベクトル (ブロック) を処理することによって、そのブロックにL次元Nビットの画像、すなわちハーフトーン画像のそのブロックの部分が生成される。

【0050】次に、ステップS8において、適合度が最大のコードワードの平均階調と、原画像における16次元のベクトル (ブロック) の平均階調との差異、すなわち平均階調誤差を演算し、以降に処理するブロックに対して誤差拡散する。ここにおける、誤差拡散はベクトル量子化における誤差拡散である。

【0051】ここで、画像のベクトル量子化の過程において誤差拡散を適用することについて説明する。ベクトル量子化においては、前述のように、原画像における特定のブロックの部分における平均階調と、ハーフトーン画像におけるそのブロックの部分における平均階調との差異、すなわち誤差pが存在する。この誤差拡散は、たとえば、以降に処理するブロックを構成する画素値にすべて誤差pを加算することによって行なうことができる。または、平均階調誤差を算出するときに誤差pによって補正することにより行なうことができる。

【0052】その平均階調誤差を算出するときの補正は、具体的には、数1に示す評価関数における平均階調誤差である $|\Delta D|$ の値を誤差pによって補正することにより行なうことができる。この画像のベクトル量子化の過程において誤差拡散を適用する場合の評価関数は、たとえば、下記の数2のようになる。

(数2)

$$F(G_i, H_o) = \alpha \times |\Delta D - p| + \beta \times \Delta Q / L$$

ただし、

F(Gi, Ho) ; 評価関数

Gi ; 原画像のベクトル (原画像のブロック)

Ho ; コードワード

$\alpha, \beta$  ; 係数 ( $\alpha + \beta = 1, 0 \leq \alpha, \beta \leq 1$ )

$|\Delta D|$  ; 平均階調の誤差 ( $|x|$  はxの絶対値を表す)

p ; 以前のブロックにおける平均階調の誤差

$\Delta Q$  ; ベクトル量子化の誤差

L ; 次元数 (16)

【0053】次に、ステップS8において、すべてのブロックに対してステップS6とステップS7の処理を行なったか否かが判定される。すべてのブロックに対してその処理が済んでいない場合にはステップS6に戻り以降のステップを繰り返す。すべてのブロックに対してその処理が済んでいる場合にはステップS9に進む。次に、ステップS9において、生成したハーフトーン画像を保存する。

【0054】以上、本発明におけるハーフトーン処理について図1に基づいて一例を説明した。次に、その変形例について説明する。前述の数1 数2に示す評価関数において、前の項 $|\Delta D|$ 、 $|\Delta D - p|$ は平均階調の誤差であるから大まかな濃淡の再現性を表している。また、後の項 $\Delta Q/L$ はRMSE (root mean square error) であるから微細構造の再現性を表している。したがって、 $\alpha$ を大きくすると濃淡は良好に再現される代わりに微細構造の再現が犠牲となる。逆に $\beta$ を大きくすると微細構造は良好に再現される代わりに濃淡の再現が犠牲となる。そこで、適合度の算出が最適化されるように、指示入力によって加重を与えるためのパラメータ (助変数) としての $\alpha$ と $\beta$ を任意の値に設定できるように構成すると好適である。総合的にみて良好な再現を得ることができるようにするためには、たとえば、 $\alpha = \beta = 0.5$ とする。

【0055】なお、本発明における評価関数は数1に示す評価関数に限定されない。数1に示す評価関数においては、平均階調が考慮されたが、ドットゲインやドットの連続性を考慮に入れることもできる。

【0056】また、ステップS3のブロック分割において、原画像を8画素×8画素のブロックに分割した。すなわち、ブロックの形状は正方形である。本発明におけるブロック形状は正方形に限定されない。J×Kの矩形であってもよい。また、本質的には平面を充填できれば (擬似) 六角形や (擬似) 三角形でもよい。さらに、それらを交互に組み合わせたいリング (tiling) でもよい。

【0057】また、前述のステップS6の説明において、一例として全探索を行なうことを説明したが、本発明における適合度の算出は全探索に限定されない。たとえば、遺伝アルゴリズム (GA; genetic algorithm) などの最適化手法を適用することができる。

【0058】また、全探索による処理時間を短縮するために、複数のコードワードとの比較を多数の処理部 (C

PU; central processor unit、等)を用いて並列分散処理することにより高速化することができる。また、原画像に部分画像を設定し、その部分画像ごとにブロックを複数の処理部の各々に割り当て、複数の処理部を用いて並列分散処理することにより高速化することができる。また、評価関数の各項、すなわち前述の数1においては、 $\alpha \times | \Delta D |$ の項と $\beta \times \Delta Q / L$ の項を、それぞれ別の処理部を用いて並列分散処理することにより高速化することができる。

【0059】また、評価関数の演算を条件つきで途中で打ち切ることにより処理を高速化することができる。たとえば、 $\alpha \times | \Delta D |$ を求めた時点でそれまでに求められた最小値よりも大きな値となった場合には、明らかに最小値にはなり得ないので次の評価に移ってよい。

【0060】また、コードワードの平均階調値をあらかじめ演算しておいてその順序にしたがって並べておけば、この操作を簡略化することができる。また、前述のステップS6の説明において、コードワードを逐次生成する説明を行なったが、コードワードをあらかじめ生成しておき、その平均階調値とともに、コードブックとして記憶させておき、そのコードブックを参照して処理を行なうと処理が高速化され好適である。

【0061】また、図1に示した一例においては、原画像が単色画像であるかのように説明した。多色画像を同様扱う場合には、画素の配列順または多色のプレーン(レイヤー)順にベクトルを連接させればよい。たとえば、Pを2以上の整数として原画像がP色画像であるときには、ブロックの画素を $(16 \times P)$ 次元のベクトルとして処理することになる。

【0062】勿論、ベクトルを連接する代わりに多色画像における各色画像の各々に対して、前述の処理を行なうことができる。その場合において、各色画像の各々に対する処理を複数の処理部によって並列分散処理することにより処理を高速化することができる。

【0063】以上、本発明について実施の形態により説明を行なった。そこでは、ハーフトーン処理装置における処理を中心に説明した。しかし、本発明はハーフトーン処理装置に限定されるものではない。当然ながら、その処理手順が記録された媒体も含まれるものである。

【0064】

【発明の効果】以上のとおりであるから、本発明の請求項1に係るハーフトーン処理装置によれば、再現性の高い、高品質のハーフトーン画像を得ることができるハーフトーン処理装置が提供される。また本発明の請求項2に係るハーフトーン処理装置によれば、平均階調誤差を算出する過程でその誤差が相殺され誤差拡散における処理の負荷を極めて小さくすることができる。また本発明の請求項3に係るハーフトーン処理装置によれば、基本的に最も簡明な処理であるとともに、水平線、垂直線の

再現性が優れる。また本発明の請求項4に係るハーフトーン処理装置によれば、周期性の認識が縦横され方向による再現性が均等化される。また本発明の請求項5に係るハーフトーン処理装置によれば、より再現性の高い、より高品質のハーフトーン画像を得ることができる。また本発明の請求項6に係るハーフトーン処理装置によれば、コードワード演算にともなう処理時間を短縮でき、コードワード数の適正減縮によりさらに処理時間を短縮できる。また本発明の請求項7に係るハーフトーン処理装置によれば、状況に応じて不必要なコードワードに係わる処理を省略することができる。また本発明の請求項8に係るハーフトーン処理装置によれば、ハーフトーン処理を高速化することができる。また本発明の請求項9に係るハーフトーン処理装置によれば、ハーフトーン処理を高速化することができる。また本発明の請求項10に係るハーフトーン処理装置によれば、ハーフトーン処理を著しく高速化することができる。また本発明の請求項11に係るハーフトーン処理装置によれば、ハーフトーン処理を高速化することができる。また本発明の請求項12に係るハーフトーン処理装置によれば、多色画像を対象とするハーフトーン処理を行なうことができる。また本発明の請求項13に係るハーフトーン処理装置によれば、多色画像を対象とするハーフトーン処理を高速化することができる。また本発明の請求項14に係るハーフトーン処理装置によれば、多色画像を対象とするハーフトーン処理を著しく高速化することができる。また本発明の請求項15に係るハーフトーン処理手順が記録された媒体によれば、再現性の高い、高品質のハーフトーン画像を得ることができるハーフトーン処理の処理手順を記録した媒体が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のハーフトーン処理装置における処理過程の一例を示す図である。

【図2】原画像からブロックへの分割、および16次元ベクトルの関係の説明図である。

【図3】誤差拡散処理に関する説明図である。

【図4】スカラー値における四捨五入の例と、最も簡単な2次元のベクトル値における量子化の例を示す図である。

【図5】ベクトルが4次元の場合の量子化代表値ベクトルを示す図である。

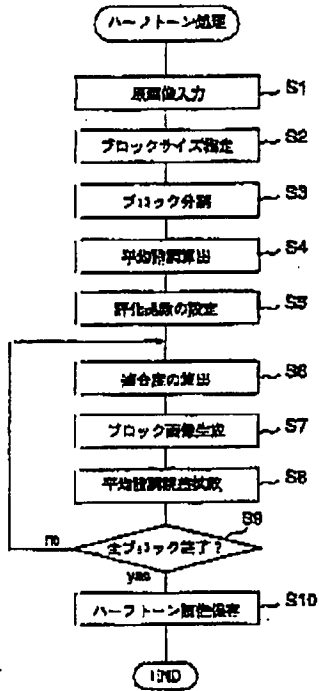
【図6】周期的な網点を刷り重ねるとき発生する亀甲模様(ロゼッタ・パターン)を示す図である。

【図7】ハーフトーン画像の一例(Aはコンタクトスクリーン、Bは周期的分散網点による画像)を示す図である。

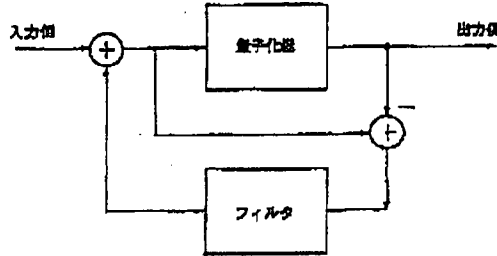
【図8】ハーフトーン画像の一例(Cは誤差拡散法、Dはブルーノイズマスク法による画像)を示す図である。



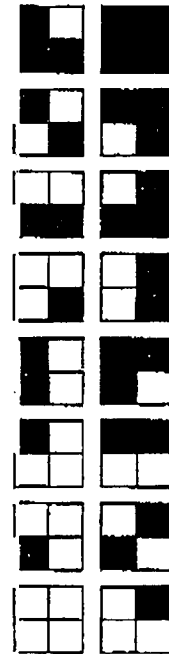
【図1】



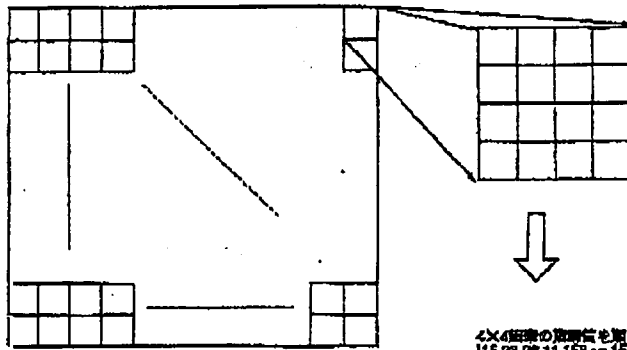
【図3】



【図5】



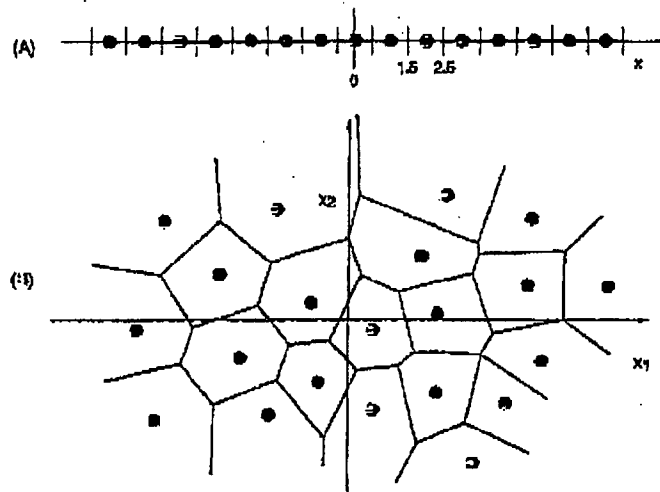
【図2】



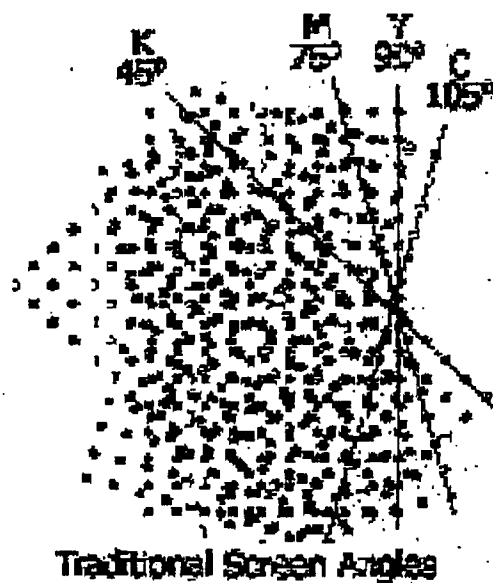
1024×1024画素の画像画像を4×4画素のブロックに分割したところ、実際に処理されているブロックはここまでは省略する

4×4画素の画素値を順にならべ、たとえば  
[15, 23, 26, 11, 158, ..., 152]  
のようにし、  
1625元のベクトルにする

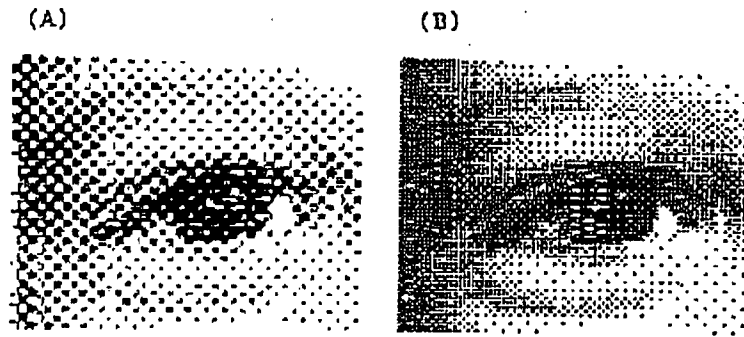
【図4】



【図6】



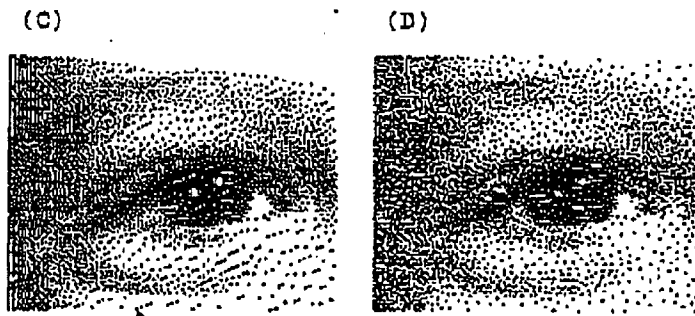
【図7】



周期的集中網点

周期的分散網点

【図8】



誤差拡散法

ブルーノイズマスク法

フレーム